

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до практичних занять  
із навчальних дисциплін

**«ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**  
**та**  
**«ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»**

*(для бакалаврів 4–5 курсів усіх форм навчання спеціальності  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,  
освітньої програми «Електромеханіка»)*



**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2019**

Методичні рекомендації до практичних занять із навчальних дисциплін «Технічна експлуатація електричного транспорту» та «Технічна експлуатація транспортних засобів» (для бакалаврів 4–5 курсів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітньої програми «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Х. Далека, В. М. Шавкун, О. С. Козлова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 58 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. В. Х. Далека,  
канд. техн. наук, доц. В. М. Шавкун,  
ст. викл. О. С. Козлова

Рецензент

**С. А. Закурдай**, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 7  
від 27 грудня 2018 р.*

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Розрахунок виробничої програми.....	6
2 Перевірка коефіцієнта використання рухомого складу по випуску.....	20
3 Визначення залишкового ресурсу деталей агрегатів.....	25
4 Визначення комплексних показників надійності.....	27
5 Визначення оціночних показників надійності.....	32
6 Визначення економічних показників надійності.....	37
7 Визначення пробігу при заданій ймовірності безвідмовної роботи.....	39
8 Визначення об'єму вибірки.....	40
9 Визначення оптимального міжремонтного пробігу.....	43
10 Визначення оптимального запасу агрегату.....	46
11 Розрахунок числа постів, ліній для зон технічного обслуговування та ремонтів, непланових ремонтів і діагностування.....	48
12 Розрахунок площ виробничих діляниць та цехів.....	50
13 Розрахунок числа виробничих робітників.....	55
14 Складання графіка технічного обслуговування.....	56
Список рекомендованих джерел.....	58

## ВСТУП

Метою практичних занять із дисциплін «Технічна експлуатація електричного транспорту» та «Технічна експлуатація транспортних засобів» є формування у студентів навичок прийняття обґрунтованих рішень з питань організації технічного обслуговування рухомого складу, діагностування, розробки технологічних процесів і забезпечення їх виконання, а також вимог до технічної експлуатації об'єктів електричного транспорту та транспортних засобів.

Завдання вивчення дисциплін «Технічна експлуатація електричного транспорту» та «Технічна експлуатація транспортних засобів»: вивчення основних вимог законодавства та основних національних, галузевих нормативних актів в галузі транспорту; вивчення загальних принципів організації технічного обслуговування та ремонту об'єктів транспорту; вивчення методів оптимізації складових технологічних процесів технічної експлуатації транспорту; ознайомлення з основним технологічним обладнанням та засобами автоматизації, які використовують під час експлуатації транспорту.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: порядок організації виконання технологічних процесів технічного обслуговування та ремонту транспорту; порядок розроблення проектів спеціального устаткування; проектування експлуатаційних підприємств, у тому числі з застосуванням САПР; засоби ділового спілкування; методи створення психологічного мікроклімату та ефективні ділові стосунки в структурі ремонтного підприємства; уміти організовувати чітку роботу при проведенні технічних оглядів рухомого складу, ремонту транспортних засобів в структурі ремонтно-експлуатаційного підприємства; вміти: кваліфіковано користуватися необхідною документацією; оформляти замовлення на забезпечення робочих місць всім необхідним згідно нормативам технологічних документів; визначати технічний стан технічних засобів для обґрунтування інженерних рішень з організації технічного обслуговування; визначати показники надійності

рухомого складу і його елементів, планувати на їхній основі періодичність і обсяг технічних впливів; вибирати методи і технічні засоби діагностування транспорту; освоювати технологічні процеси і комплекс засобів для технічного обслуговування транспорту; організовувати і керувати виробництвом при виконанні технічного обслуговування з використанням ЕОМ; розробляти нормативно-технологічні документи на технологічні процеси технічного обслуговування та ремонт транспортних засобів з використанням ПЕОМ; оформлювати зміни в нормативно-технологічних документах у зв'язку з коригуванням технологічних процесів та режимів виробництва; забезпечити безпеку праці робітників під час виконання технічного обслуговування та ремонту транспорту.

## 1 РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

Виробнича програма депо з технічного обслуговування та ремонту містить всі види технічних впливів (за рік та за добу), згідно з чинною системою.

На території України діють системи технічного обслуговування і ремонтів (системи ТО і Р), що подані в таблицях 1, 2.

Таблиця 1 – Система ТО і Р України (Наказ №120 Держжитлокомунгоспу від 03.12.91)

Вид ТВ	Найменування технічного впливу	Терміни проведення ТО і Р			
		Трамвай		Тролейбус	
		Періодичність	Час простою	Періодичність	Час простою
ЩО	Щоденне обслуговування	Щодобово у нічний час	0,7–0,8 год	Щодобово у нічний час	0,6–0,7 год
ТО-1	Перше технічне обслуговування	Один раз на 7 днів	2,2–2,5 год	Один раз на 7 днів	1,7–2,7 год
ТО-2	Друге технічне обслуговування	20000 км	12 год	16000 км	10 год
СР	Середній ремонт	100000 км	10 робочих днів	80000 км	10 робочих днів
КР	Капітальний ремонт	300000 км	20 робочих днів	240000 км	20 робочих днів
СО	Сезонне обслуговування	2 рази на рік		2 рази на рік	
	Неплановий ремонт		За обсягом робіт		За обсягом робіт
	Строк списання	16 років 800000 км		10 років 725000 км	

Таблиця 2 – Система ТО і Р пасажирського РС автобуса, метрополітену та залізної дороги

Вид ТВ	Найменування технічного впливу	Терміни проведення ТО і Р		
		Автобус	Метрополітен	Залізні дороги
ТО-1	Перше технічне обслуговування	1 раз на 7 днів	8–14 год.	—
ТО-2	Друге технічне обслуговування	20 тис. км	3,75 ± 1 тис. км	—
ТО-3	Третє технічне обслуговування	—	7,5 ± 2 тис. км	1 раз на 5 днів
ТО-4	Четверте технічне обслуговування	—	За необхідності обточка колісних пар	—

Продовження таблиці 2

ПР-1	Перший поточний ремонт	—	$60 \pm 10$ тис. км	1 раз на 49 днів
ПР-2	Другий поточний ремонт	—	$175 \pm 15$ тис. км	150 тис. км
ПР-3(1)	Третій поточний ремонт (1)	—	$350 \pm 20$ тис. км	300 тис. км
ПР-3(2)	Третій поточний ремонт (2)	—	$700 \pm 40$ тис. км	—
СР	Середній ремонт	100 тис. км	—	—
КР-1	Перший капітальний ремонт	300 тис. км	$1 \text{ млн} \pm 50$ тис. км	600 тис. км
КР-2	Другий капітальний ремонт	—	$3150 \pm 150$ тис. км	1200 тис. км
	Строк списання	8 років 550 тис. км	40 років	40 років

Розрахунок виробничої програми проводиться за всіма видами технічного обслуговування та ремонтів.

***Розрахунок виробничої програми для трамвайно-тролейбусних депо***

Обсяг ***щоденного обслуговування (ЩО)***, або кількість рухомих одиниць (далі – РО), що проходять щоденне технічне обслуговування протягом року:

$$N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{с}} \cdot k_{\text{рез}} \quad [\text{од. РС}], \quad (1.1)$$

де 365 – кількість днів у році, протягом яких виконується ЩО;

$N_i$  – інвентарний парк депо;

$\alpha_{\text{с}}$  – коефіцієнт використання рухомого складу (РС) по випуску;

$k_{\text{рез}}$  – коефіцієнт резерву,  $k_{\text{рез}} = (1,03-1,05$  при резерві 3–5% від  $N_i$

Кількість РО, що проходять ***перше технічне обслуговування (ТО-1)*** протягом року:

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{ЩО}}}{C_{\text{ТО-1}}} \quad [\text{од. РС}], \quad (1.2)$$

де  $C_{TO-1}$  – періодичність першого технічного обслуговування (7 діб).

Кількість РО, що проходять **капітальний ремонт (КР)** протягом року:

$$N_{KP} = \frac{L_{ДР}}{L_{KP}} \quad [\text{од. РС}], \quad (1.3)$$

де  $L_{KP}$  – пробіг РС до капітального ремонту від початку експлуатації, або від капітального ремонту;

$L_{ДР}$  – сумарний річний пробіг РС депо.

$$L_{ДР} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_e \cdot V_e \cdot t_{cd} \quad [\text{км}], \quad (1.4)$$

де  $V_e$  – експлуатаційна швидкість;

$t_{cd}$  – середньодобове перебування РС на лінії.

Кількість РО, що проходять **середній ремонт (СР)** протягом року:

$$N_{CP} = \frac{L_{ДР}}{L_{CP}} - N_{KP} \quad [\text{од. РС}]; \quad (1.5)$$

де  $L_{CP}$  – пробіг РС до середнього ремонту від початку експлуатації, або від середнього чи капітального ремонтів.

Кількість РО, що проходять **друге технічне обслуговування (ТО-2)** протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{ДР}}{L_{TO-2}} - N_{KP} - N_{CP} \quad [\text{од. РС}] \quad (1.6)$$

де  $L_{TO-2}$  – пробіг РС до другого технічного обслуговування від початку експлуатації, ТО-2, або планового ремонту.



Кількість РО, що проходять *сезонне обслуговування (СО)* протягом року:

$$N_{co} = 2 \cdot N_i \quad [\text{од. РС}] \quad (1.7)$$

Періодичність першого, другого та сезонного технічного обслуговування, середнього, поточного та капітального ремонтів визначаємо з таблиць 1, 2 залежно від виду рухомого складу.

Обсяги непланових ремонтів задаються на основі фактичних даних депо. Для проектування нових депо їх кількість приймають у встановленому відношенні до планових технічних впливів.

Кількість РО, що проходять *непланові (НР) ремонти (заявочні нічний (ЗН) та денний (ЗД); випадкові підйомний (ВП) та безпідйомний (ВБП))* протягом року:

- заявочний нічний:

$$N_{zn} = 0,08 \cdot N_{що} \quad [\text{од. РС}]; \quad (1.8)$$

- заявочний денний:

$$N_{zd} = 0,06 \cdot N_{що} \quad [\text{од. РС}]; \quad (1.9)$$

- випадковий підйомний:

$$N_{vp} = 1 \cdot N_i \quad [\text{од. РС}] \quad (\text{для трамвайних вагонів}); \quad (1.10)$$

$$N_{vp} = 2 \cdot N_i \quad [\text{од. РС}] \quad (\text{для тролейбусних машин}); \quad (1.11)$$

- випадковий безпідйомний:

$$N_{vbp} = 0,015 \cdot N_{що} \quad [\text{од. РС}] \quad (\text{для трамвайних вагонів}); \quad (1.12)$$

$$N_{vbp} = 0,01 \cdot N_{що} \quad [\text{од. РС}] \quad (\text{для тролейбусних машин}) \quad (1.13)$$

Кількість технічних впливів за добу визначається діленням їх річної кількості на число робочих днів у році для виконання даного виду впливу.

Річну кількість технічних впливів при розрахунках рекомендується округляти до цілих, а добову – до сотих.

### ***Розрахунок виробничої програми для депо метрополітену***

Кількість РО, що проходять ***перше технічне обслуговування (ТО-1)*** протягом року:

$$N_{TO-1} = 365 \cdot N_i \cdot K_{огл} \quad [\text{од. РС}], \quad (1.14)$$

де 365 – кількість днів у році, протягом яких виконується перше технічне обслуговування;

$N_i$  – інвентарний парк депо;

$K_{огл}$  – коефіцієнт огляду, який дорівнює

$$K_{огл} = \frac{t_{сд}}{t_{огл}} \quad (t_{огл} = 1120 \text{ год.}), \quad (1.15)$$

де  $t_{сд}$  – середньодобове перебування РС на лінії.

Кількість РО, що проходять ***другий капітальний ремонт (КР-2)*** протягом року:

$$N_{КР-2} = \frac{L_{ДР}}{L_{КР-2}} \quad [\text{од. РС}], \quad (1.16)$$

де  $L_{ДР}$  – сумарний річний пробіг РС по депо;

$L_{КР-2}$  – пробіг РО до другого капітального ремонту від початку експлуатації,

або після другого капітального ремонту.

$$L_{\text{ДР}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{е}} \cdot V_{\text{е}} \cdot t_{\text{сд}} \quad [\text{км}], \quad (1.17)$$

де  $\alpha_{\text{е}}$  – коефіцієнт використання РС по випуску;

$V_{\text{е}}$  – експлуатаційна швидкість;

$t_{\text{сд}}$  – середньодобове перебування РС на лінії.

Кількість РО, що проходять **перший капітальний ремонт (КР-1)** протягом року:

$$N_{\text{КР-1}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{КР-1}}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{\text{КР-1}}}{L_{\text{КР-2}}} \right) \quad [\text{од. РС}], \quad (1.18)$$

де  $L_{\text{КР-1}}$  – пробіг РО до першого капітального ремонту від початку експлуатації, або після другого чи першого капітального ремонту.

Кількість РО, що проходять **третій поточний ремонт другого обсягу (ПР-3(2))** протягом року:

$$N_{\text{ПР-3(2)}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПР-3(2)}}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{\text{ПР-3(2)}}}{L_{\text{КР-1}}} \right) \quad [\text{од. РС}], \quad (1.19)$$

де  $L_{\text{ПР-3(2)}}$  – пробіг РО до другого поточного ремонту другого обсягу від початку експлуатації, або після планового ремонту.

Кількість РО, що проходять **третій поточний ремонт першого обсягу (ПР-3(1))** протягом року:

$$N_{\text{ПР-3(1)}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПР-3(1)}}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{\text{ПР-3(1)}}}{L_{\text{ПР-3(2)}}} \right) \quad [\text{од. РС}], \quad (1.20)$$

де  $L_{\text{ПР-3(1)}}$  – пробіг РО до третього поточного ремонту першого обсягу від початку експлуатації, або після планового ремонту.

Кількість РО, що проходять **другий поточний ремонт (ПР-2)** протягом року:

$$N_{\text{ПР-2}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПР-2}}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{\text{ПР-2}}}{L_{\text{ПР-3(1)}}} \right) \text{ [од. РС]}, \quad (1.21)$$

де  $L_{\text{ПР-2}}$  – пробіг РО до другого поточного ремонту від початку експлуатації, або після планового ремонту.

Кількість РО, що проходять **перший поточний ремонт (ПР-1)** протягом року:

$$N_{\text{ПР-1}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПР-1}}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{\text{ПР-1}}}{L_{\text{ПР-2}}} \right) \text{ [од. РС]}, \quad (1.22)$$

де  $L_{\text{ПР-2}}$  – пробіг РО до другого поточного ремонту від початку експлуатації, або після планового ремонту.

Кількість РО, що проходять **третьє технічне обслуговування (ТО-3)** протягом року:

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ТО-3}}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{\text{ТО-3}}}{L_{\text{ПР-1}}} \right) \text{ [од. РС]}, \quad (1.23)$$

де  $L_{\text{ТО-3}}$  – пробіг РО до третього технічного обслуговування від початку експлуатації, або після планового ремонту.

Кількість РО, що проходять **друге технічне обслуговування (ТО-2)** протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{ДР}}{L_{TO-2}} \cdot \left( 1 - \frac{L_{TO-2}}{L_{TO-3}} \right) \text{ [од. РС]}, \quad (1.24)$$

де  $L_{TO-2}$  – пробіг РО до другого технічного обслуговування від початку експлуатації, або після планового ремонту.

### **Приклади розв'язання задач**

#### **Приклад 1**

Визначити кількість технічних впливів за рік і за добу (тобто розрахувати виробничу програму), якщо в депо 210 одиниць РС; коефіцієнт використання по випуску  $\alpha_{\text{в}} = 0,61$ ; експлуатаційна швидкість  $V_e = 16$  км/год.; середньодобове перебування РС на лінії  $t_{\text{сд}} = 12,2$  год.; тип РС 14-ТР; система технічного обслуговування і ремонтів України.

#### **Розв'язання:**

##### **Дано:**

$N_i = 210$ од. РС	Визначаємо кількість РО, що проходять щоденне обслуговування протягом року:
$\alpha_{\text{в}} = 0,61$	
$V_e = 16$ км/год.	$N_{\text{щО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot k_{\text{рез}} = 365 \cdot 210 \cdot 0,61 \cdot 1,04 = 48627$ (од. РС).
$t_{\text{сд}} = 12,2$ год	Визначаємо кількість РО, що проходять перше технічне обслуговування протягом року:
тип РС 14-ТР,	
система ТО і Р	$N_{TO-1} = \frac{N_{\text{щО}}}{C_{TO-1}} = \frac{48627}{7} = 6947$ (од. РС).
України	Визначаємо кількість РО, що проходять капітальний ремонт протягом року:
Кількість ТВ за рік та за добу-?	

$$L_{ДР} = 365 N_i \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot V_e \cdot t_{\text{сд}} = 365 \cdot 210 \cdot 0,61 \cdot 16 \cdot 12,2 = 9126869 \text{ (км)},$$

$$N_{KP} = \frac{L_{DP}}{L_{KP}} = \frac{9126869}{240 \cdot 10^3} = 38 \text{ (од. РС)}$$

Визначаємо кількість РО, що проходять середній ремонт протягом року:

$$N_{CP} = \frac{L_{DP}}{L_{CP}} - N_{KP} = \frac{9126869}{80 \cdot 10^3} - 38 = 76 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять друге технічне обслуговування протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{DP}}{L_{TO-2}} - N_{KP} - N_{CP} = \frac{9126869}{16 \cdot 10^3} - 38 - 76 = 457 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять сезонне обслуговування:

$$N_{CO} = 2 \cdot N_i = 2 \cdot 210 = 420 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять непланові ремонти на протязі року:

$$N_{3H} = 0,08 \cdot N_{\text{ЩО}} = 0,08 \cdot 48627 = 3890 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{3Д} = 0,06 \cdot N_{\text{ЩО}} = 0,06 \cdot 48627 = 2918 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{BP} = 2 \cdot N_i = 2 \cdot 210 = 420 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{BBП} = 0,01 \cdot N_{\text{ЩО}} = 48627 \cdot 0,01 = 486 \text{ (од. РС)}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю

Таблиця 3 – Результати розрахунку

Вид ТВ	Найменування	Позначення	Кількість ТВ		Кіл. роб. днів
			за рік	за добу	
ЩО	Щоденне обслуговування	$N_{\text{ЩО}}$	48627	133,22	365
ТО-1	Перше технічне обслуговування	$N_{\text{ТО-1}}$	6947	27,57	250
ТО-2	Друге технічне обслуговування	$N_{\text{ТО-2}}$	457	1,81	250
СО	Сезонне обслуговування	$N_{\text{СО}}$	420	1,67	250
СР	Середній ремонт	$N_{\text{СР}}$	76	0,3	250
КР	Капітальний ремонт	$N_{\text{КР}}$	38	0,15	250
НР	Непланові ремонти				
ЗН	Заявочний нічний ремонт	$N_{\text{ЗН}}$	3890	10,66	365
ЗД	Заявочний денний ремонт	$N_{\text{ЗД}}$	2918	7,99	365
ВП	Випадковий підйомний ремонт	$N_{\text{ВП}}$	420	1,67	250
ВБП	Випадковий безпідйомний ремонт	$N_{\text{ВБП}}$	486	1,14	250

Періодичність першого, другого та сезонного технічного обслуговування, середнього, та капітального ремонтів визначаємо з таблиці 1.

## Приклад 2

Визначити кількість непланових ремонтів за рік і за добу, якщо в депо 150 одиниць РС; коефіцієнт використання рухомого складу по випуску  $\alpha_g = 0,75$ , тип РС Т-3.

## Розв'язання

Дано:

$N_i = 150$  од. РС

$\alpha_g = 0,75$

тип РС Т-3

Кількість НР–?

Визначаємо кількість РО, що проходять щоденне обслуговування протягом року:

$$N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_g \cdot k_{\text{рез}} = 365 \cdot 150 \cdot 0,75 \cdot 1,04 = 42705 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість непланових ремонтів за рік:

- кількість РО, що проходять заявочний нічний ремонт протягом року:

$$N_{\text{ЗН}} = 0,08 \cdot N_{\text{ЩО}} = 0,08 \cdot 42705 = 3416 \text{ (од. РС)},$$

- кількість РО, що проходять заявочний денний ремонт протягом року:

$$N_{ЗД} = 0,06 \cdot N_{ЩО} = 0,06 \cdot 42705 = 2562 \text{ (од. РС)},$$

- кількість РО, що проходять випадковий підйомний ремонт протягом року:

$$N_{ВП} = 1 \cdot N_i = 1 \cdot 150 = 150 \text{ (од. РС)},$$

- кількість РО, що проходять випадковий безпідйомний ремонт протягом року:

$$N_{ВБП} = 0,015 \cdot N_{ЩО} = 0,015 \cdot 42705 = 641 \text{ (од. РС)}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.

Таблиця 4 – Результати розрахунків

Вид ТВ	Найменування	Позна чення	Кількість ТВ		Кіл. роб. днів
			за рік	за добу	
НР	Непланові ремонти				
ЗН	Заявочний нічний ремонт	$N_{ЗН}$	3416	9,36	365
ЗД	Заявочний денний ремонт	$N_{ЗД}$	2562	7,02	365
ВП	Випадковий підйомний ремонт	$N_{ВП}$	150	0,6	250
ВБП	Випадковий безпідйомний ремонт	$N_{ВБП}$	641	2,54	250

### Приклад 3

Розрахувати виробничу програму депо для вагонів метрополітену серії 714(717), якщо в депо експлуатується 150 од. РС, коефіцієнт використання по випуску  $\alpha_g=0,975$ , експлуатаційна швидкість  $V_e=35,5$  км/год., середньодобове перебування на лінії  $t_{cd}=13,2$  год.



## Розв'язання

Дано:

$$N_i = 150 \text{ од. РС}$$

$$\alpha_e = 0,975$$

$$V_e = 35,5 \text{ км/год}$$

$$t_{cd} = 13,2 \text{ год}$$

Кількість ТО і

Р – ?

Визначаємо коефіцієнт огляду ( $t_{ogl} = 11 \text{ год.}$ ):

$$K_{ogl} = \frac{t_{cd}}{t_{ogl}} = \frac{13,2}{11} = 1,2.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять перше технічне обслуговування протягом року:

$$N_{TO-1} = 365 \cdot N_i \cdot K_{ogl} = 365 \cdot 150 \cdot 1,2 = 65700 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо сумарний річний пробіг РС по депо:

$$L_{dp} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_e \cdot V_e \cdot t_{cd} = 365 \cdot 150 \cdot 0,975 \cdot 35,5 \cdot 13,2 = 25014453,75 \text{ (км)},$$

Визначаємо кількість РО, що проходять другий капітальний ремонт протягом року:

$$N_{KP-2} = \frac{L_{dp}}{L_{KP-2}} = \frac{25014453,75}{3150 \cdot 10^3} = 8 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять перший капітальний ремонт протягом року:

$$N_{KP-1} = \frac{L_{dp}}{L_{KP-1}} \cdot \left(1 - \frac{L_{KP-1}}{L_{KP-2}}\right) = \frac{25014453,75}{1000000} \cdot \left(1 - \frac{1000000}{3150000}\right) = 20 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять третій поточний ремонт 2-го обсягу протягом року:

$$N_{PP-3(2)} = \frac{L_{dp}}{L_{PP-3(2)}} \cdot \left(1 - \frac{L_{PP-3(2)}}{L_{KP-1}}\right) = \frac{25014453,75}{700000} \cdot \left(1 - \frac{700000}{1000000}\right) = 11 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять третій поточний ремонт 1-го обсягу протягом

року:

$$N_{\text{ПП-3(1)}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПП-3(1)}}} \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{ПП-3(1)}}}{L_{\text{ПП-3(2)}}}\right) = \frac{25014453,75}{350 \cdot 10^3} \cdot \left(1 - \frac{350 \cdot 10^3}{700 \cdot 10^3}\right) = 36 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять другий поточний ремонт протягом року:

$$N_{\text{ПП-2}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПП-2}}} \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{ПП-2}}}{L_{\text{ПП-3(1)}}}\right) = \frac{25014453,75}{175 \cdot 10^3} \cdot \left(1 - \frac{175 \cdot 10^3}{350 \cdot 10^3}\right) = 72 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять перший поточний ремонт протягом року:

$$N_{\text{ПП-1}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПП-1}}} \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{ПП-1}}}{L_{\text{ПП-2}}}\right) = \frac{25014453,75}{60 \cdot 10^3} \cdot \left(1 - \frac{60 \cdot 10^3}{175 \cdot 10^3}\right) = 274 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять третє технічне обслуговування протягом року:

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ТО-3}}} \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{ТО-3}}}{L_{\text{ПП-1}}}\right) = \frac{25014453,75}{7500} \cdot \left(1 - \frac{7500}{60 \cdot 10^3}\right) = 2918 \text{ (од. РС)}.$$

Кількість РО, що проходять друге технічне обслуговування протягом року:

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ТО-2}}} \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{ТО-2}}}{L_{\text{ТО-3}}}\right) = \frac{25014453,75}{3750} \cdot \left(1 - \frac{3750}{7500}\right) = 3335 \text{ (од. РС)}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.

Таблиця 6 – Результати розрахунків

Найменування ТВ	Позначення	Кількість техн. впливів		Кіл. роб. днів
		за рік	за добу	
Перше технічне обслуговування	$N_{TO-1}$	65700	180	365
Друге технічне обслуговування	$N_{TO-2}$	3335	13,23	252
Третє технічне обслуговування	$N_{TO-3}$	2918	11,58	252
Перший поточний ремонт	$N_{ПР-1}$	274	1,09	252
Другий поточний ремонт	$N_{ПР-2}$	72	0,29	252
Третій поточний ремонт (1)	$N_{ПР-3(1)}$	36	0,14	252
Третій поточний ремонт (2)	$N_{ПР-3(2)}$	11	0,04	252
Перший капітальний ремонт	$N_{КР-1}$	20	0,08	252
Другий капітальний ремонт	$N_{КР-2}$	8	0,03	252

Періодичність технічних обслуговувань та планових ремонтів визначаємо з таблиці 2

## 2 ПЕРЕВІРКА КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ПО ВИПУСКУ

При перевірці коефіцієнта використання РС по випуску визначається відповідність розрахункового значення коефіцієнта використання РС по випуску заданому.

Розрахунковий коефіцієнт використання РС по випуску визначається за формулою:

$$\alpha_{вр} = \frac{N_{рух}}{N_i} = \frac{N_i - N_{рез} - N_{рем}}{N_i}, \quad (2.1)$$

де  $\alpha_{вр}$  – коефіцієнт використання по випуску (розрахунковий);

$N_{рух}$  – кількість РС, що знаходиться в русі;

$N_{рез}$  – кількість РС, що знаходиться в резерві;

$N_{рем}^{\partial}$  – кількість РС, що знаходиться в ремонтах протягом доби;

$N_i$  – інвентарний парк депо.

$$N_{рем}^{\partial} = \frac{N_{KP} \cdot \tau_{KP} + N_{CP} \cdot \tau_{CP} + N_{ТО-2} \cdot \tau_{ТО-2} + N_{ВБП} \cdot \tau_{ВБП} + N_{ВП} \cdot \tau_{ВП}}{T_{р\partial}}, \quad (2.2)$$

де  $\tau_{KP} = 20$  роб. днів,  $\tau_{CP} = 10$  роб. днів,  $\tau_{ТО-2} = \tau_{ВБП} = \tau_{ВП} = 1$  роб.день – тривалості в робочих днях відповідно капітального та середнього ремонтів; другого технічного обслуговування; випадкових безпідйомного та підйомного ремонтів;  $T_{р\partial} = 250$  роб. дня – кількість робочих днів у році для даних видів технічних впливів.

## Приклади розв'язання задач

### Приклад 1

Виконати перевірочний розрахунок коефіцієнта використання по випуску, якщо в депо 350 од. тролейбусів, система ТО і Р України, експлуатаційна швидкість 18,9 км/год, середньодобове перебування РС на лінії 12 год., заданий коефіцієнт використання РС 0,76.

#### Розв'язання:

##### Дано:

$N_i = 350$ од. РС	Визначаємо сумарний річний пробіг РС по депо: $L_{\text{ДР}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot V_e \cdot t_{\text{сд}} = 365 \cdot 350 \cdot 0,76 \cdot 18,9 \cdot 12 =$ $= 22020012 \text{ (км)є}$
$V_e = 18,9$ км/год	
$t_{\text{сд}} = 12$ год	
$\alpha_{\text{в}} = 12$ год	
Тип РС – тролейбус	
Система ТО і Р України	Визначаємо кількість РО, що проходять капітальний ремонт протягом року: $N_{\text{КР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{КР}}} = \frac{22020012}{240 \cdot 10^3} = 92 \text{ (од. РС).}$
$\alpha_{\text{вр}} - ?$	

Визначаємо кількість РО, що проходять середній ремонт протягом року:

$$N_{\text{СР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{СР}}} - N_{\text{КР}} = \frac{22020012}{80 \cdot 10^3} - 92 = 183 \text{ (од. РС).}$$

Визначаємо кількість РО, що проходять друге технічне обслуговування протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{ДР}}{L_{TO-2}} - N_{КР} - N_{СР} = \frac{22020012}{16 \cdot 10^3} - 92 - 183 = 1101 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять щоденне обслуговування протягом року:

$$N_{ЩО} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\epsilon} \cdot k_{рез} = 365 \cdot 350 \cdot 0,76 \cdot 1,04 = 100974 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять випадкові підйомні та безпідйомні ремонти протягом року:

$$N_{ВП} = 2 \cdot N_i = 2 \cdot 350 = 700 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{ВБП} = 0,01 \cdot N_{ЩО} = 0,01 \cdot 100974 = 1010 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що знаходяться в ремонті за добу:

$$\begin{aligned} N_{рем}^{\partial} &= \frac{N_{КР} \cdot \tau_{КР} + N_{СР} \cdot \tau_{СР} + N_{TO-2} \cdot \tau_{TO-2} + N_{ВБП} \cdot \tau_{ВБП} + N_{ВП} \cdot \tau_{ВП}}{T_{р\partial}} = \\ &= \frac{92 \cdot 20 + 183 \cdot 10 + 1101 \cdot 1 + 700 \cdot 1 + 1010 \cdot 1}{252} = 26 \text{ (од. РС)}. \end{aligned}$$

Визначаємо кількість РО, що знаходяться в резерві:

$$N_{рез} = N_i \cdot (3...5)\% = 350 \cdot 0,04 = 14 \text{ (од. РС)}.$$

Виконуємо перевірку  $\alpha_{\epsilon}$ :

$$\alpha_{\epsilon} = \frac{N_{пyx}}{N_i} = \frac{N_i - N_{рез} - N_{рем}}{N_i} = \frac{350 - 14 - 26}{350} = 0,89.$$

**Висновок:** розрахований коефіцієнт використання РС по випуску більше заданого  $\alpha_{\text{вп}} = 0,89 > \alpha_{\text{в}} = 0,76$ , тому в даному депо є можливість збільшити випуск тролейбусів на лінію.

## Приклад 2

Відповісти, чи може забезпечити заданий коефіцієнт використання РС по випуску  $\alpha_{\text{в}} = 0,95$  депо, в якому 150 одиниць трамвайних вагонів, експлуатаційна швидкість  $V_e = 17,5$  км/год, середньодобове перебування РС на лінії  $t_{\text{сд}} = 12$  год. Типова система технічного обслуговування і ремонтів.

### Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 350$  од. РС

$\alpha_{\text{в}} = 0,95$

$V_e = 17,5$  км/год

$t_{\text{сд}} = 12$  год

Тип РС – трамвай

Типова система

ТО і Р

$\alpha_{\text{вп}} = ?$

Визначаємо сумарний річний пробіг РС по депо:

$$L_{\text{ДР}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot V_e \cdot t_{\text{сд}} = 365 \cdot 150 \cdot 0,95 \cdot 17,5 \cdot 12 = 10922625 (\text{км}).$$

Визначаємо кількість РО, що проходять капітальний ремонт протягом року:

$$N_{\text{КР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{КР}}} = \frac{10922625}{300 \cdot 10^3} = 36 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять поточний ремонт протягом року:

$$N_{\text{ПР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{ПР}}} - N_{\text{КР}} = \frac{10922625}{100 \cdot 10^3} - 36 = 73 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять друге технічне обслуговування протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{DP}}{L_{TO-2}} - N_{KP} - N_{PP} = \frac{10922625}{7000 \cdot 10^3} - 36 - 73 = 1451 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять щоденне обслуговування протягом року:

$$N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{с}} \cdot k_{\text{рез}} = 365 \cdot 150 \cdot 0,95 \cdot 1,04 = 54093 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять випадкові підйомні та безпідйомні ремонти протягом року:

$$N_{ВП} = 1 \cdot N_i = 1 \cdot 350 = 350 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{ВБП} = 0,015 \cdot N_{\text{ЩО}} = 0,015 \cdot 54093 = 811 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що знаходяться в ремонті за добу:

$$\begin{aligned} N_{\text{рем}}^{\text{д}} &= \frac{N_{KP} \cdot \tau_{KP} + N_{PP} \cdot \tau_{PP} + N_{TO-2} \cdot \tau_{TO-2} + N_{ВБП} \cdot \tau_{ВБП} + N_{ВП} \cdot \tau_{ВП}}{T_{\text{р\text{д}}}} = \\ &= \frac{36 \cdot 22 + 73 \cdot 7 + 1451 \cdot 1 + 150 \cdot 1 + 811 \cdot 1}{252} = 15 \text{ (од. РС)}. \end{aligned}$$

Визначаємо кількість РО, що знаходяться в резерві:

$$N_{\text{рез}} = N_i \cdot (3 \dots 5)\% = 150 \cdot 0,04 = 6 \text{ (од. РС)}.$$



Виконуємо перевірку  $\alpha_{\epsilon}$  :

$$\alpha_{\epsilon p} = \frac{N_{\text{пyx}}}{N_i} = \frac{N_i - N_{\text{рез}} - N_{\text{рем}}}{N_i} = \frac{150 - 15 - 6}{150} = 0,86.$$

**Висновок:** розрахований коефіцієнт використання РС по випуску менше заданого  $\alpha_{\epsilon p} = 0,86 > \alpha_{\epsilon} = 0,95$ , тому забезпечити заданий коефіцієнт використання РС по випуску депо не може.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТИВ

Значення залишкового ресурсу деталей агрегатів визначається за формулою:

$$l_{\text{зал.}} = l_{\kappa} \left[ \left( \frac{U_{\text{зр.}}}{U_{\kappa}} \right)^{1/\alpha} - 1 \right], \quad (3.1)$$

де  $l_{\kappa}$  – напрацювання складової частини від початку її експлуатації або від поновлення експлуатації після ремонту і до початку контролю;

$U_{\text{зр.}}$  – граничне відхилення параметра технічного стану;

$\alpha$  – показник степені апроксимуючої функції зміни параметра;

$U_{\kappa}$  – відхилення параметра технічного стану на момент контролю;

$$U_{\text{гран.}} = \left| \Pi_n - \Pi_{\text{гран.}} \right| - \Delta \Pi, \quad (3.2)$$

де  $\Pi_n$  – номінальне значення параметра;

$\Pi_{\text{гран.}}$  – граничний стан параметра;

$\Delta \Pi$  – допуск на припрацювання.

$$U_{\kappa} = |P_n - P_{\kappa}| - \Delta P, \quad (3.3)$$

де  $P_{\kappa}$  – значення параметра на момент контролю.

### Приклад

Визначити залишковий ресурс щітки тягового двигуна ДК-210А3, використаний ресурс якого  $35 \cdot 10^3$  км. Показник степені апроксимуючої функції 1,03. Інші дані отримати, виконавши необхідні вимірювання заданої деталі.

### Розв'язання

*Дано:*

$L_{\kappa} = 35 \cdot 10^3$ км	За технічними даними розмір щітки $16 \times 32 \times 50$
$\alpha = 1,03$	В результаті вимірювання висоти щітки
$h_n = 50$ мм	штангенциркулем маємо $h_{\kappa} = 40$ мм
$h_{\text{гран.}} = 25$ мм	$U_n =  P_n - P_{\text{гран.}}  - \Delta P = 50 - 25 = 25$ (мм);
$h_{\kappa} = 40$ мм	$U_{\kappa} =  P_n - P_{\kappa}  - \Delta P = 50 - 40 = 10$ (мм);
$l_{\text{зал.}} = ?$	$l_{\text{зал.}} = 35 \cdot 10^3 \cdot \left[ \left( \frac{25}{10} \right)^{1/1,03} - 1 \right] = 50196$ (км).

#### 4 ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

Для оцінки надійності визначають ряд показників, основні серед яких: коефіцієнт відмов, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову, ймовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт технічної готовності, економічні показники.

Основним комплексним показником надійності є коефіцієнт технічної готовності, що показує, який доля рухомого складу від інвентарного парку знаходиться у стані технічної готовності.

***Коефіцієнт технічної готовності ( $K_{ТГ}$ ):***

$$K_{ТГ} = \frac{N_{ТГ}}{N_i}, \quad (4.1)$$

де  $N_i$  – інвентарний парк;

$N_{ТГ}$  – кількість РС, що знаходиться в технічній готовності, тобто на лінії та в резерві, або готові для випуску з депо.

$$N_i = N_{рух} + N_{рез} + N_{рем}^{\partial}; \quad (4.2)$$

$$N_{ТГ} = N_{рух} + N_{рез}, \text{ або } N_{ТГ} = N_i - N_{рем}^{\partial}; \quad (4.3)$$

де  $N_{рух}$  – кількість РС, що знаходиться на маршруті;

$N_{рез}$  – кількість РС, що знаходиться в резерві;

$N_{рем}^{\partial}$  – кількість РС, що знаходиться в ремонтах і протягом доби на лінію не випускаються.

$$N_{рем}^{\partial} = \frac{N_{КР} \cdot \tau_{КР} + N_{СР} \cdot \tau_{СР} + N_{ТО-2} \cdot \tau_{ТО-2} + N_{ВБП} \cdot \tau_{ВБП} + N_{ВП} \cdot \tau_{ВП}}{T_{р\partial}}, \quad (4.4)$$

де  $\tau_{KP} = 20$  роб. днів,  $\tau_{CP} = 10$  роб. днів,  $\tau_{TO-2} = \tau_{BEP} = \tau_{BP} = 1$  роб. день – тривалості в робочих днях відповідно капітального та середнього ремонтів; другого технічного обслуговування; випадкових безпідйомого та підйомного ремонтів;  $T_{pd} = 250$  роб. днів – кількість робочих днів у році для даних видів технічних впливів.

### **Приклади розв’язання задач**

#### **Приклад 1**

Визначити коефіцієнт технічної готовності, якщо в депо 250 од. РС ЗіУ-9, сумарний річний пробіг РС по депо  $10 \times 10^6$  км, система ТО і ремонтів типова, коефіцієнт використання РС по випуску  $\alpha_g = 0,86$ .

#### **Розв’язання**

##### **Дано:**

$N_i = 250$ од. РС	Визначаємо кількість машин, що проходять капітальний ремонт протягом року:
$\alpha_g = 0,86$	
$L_{DP} = 10 \cdot 10^6$ км	
Тип РС РС ЗіУ-9	Визначаємо кількість машин, що проходять поточний ремонт протягом року:
Система ТО і Р типова	
$K_{TG} - ?$	

$$N_{KP} = \frac{L_{DP}}{L_{KP}} = \frac{10 \cdot 10^6}{270 \cdot 10^3} = 37 \text{ (од. РС).}$$

$$N_{PP} = \frac{L_{DP}}{L_{PP}} - N_{KP} = \frac{10 \cdot 10^6}{80 \cdot 10^3} - 37 = 88 \text{ (од. РС).}$$

Визначаємо кількість машин, що проходять друге технічне обслуговування протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{DP}}{L_{TO-2}} - N_{KP} - N_{PP} = \frac{10 \cdot 10^6}{10 \cdot 10^3} - 37 - 88 = 875 \text{ (од. РС).}$$

Визначаємо кількість машин, що приходять на випадкові підйомний та безпідйомний ремонт:

$$N_{\text{ВП}} = 2 \cdot N_i = 2 \cdot 250 = 500 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{\text{БВП}} = N_{\text{ЩО}} \cdot 0,01,$$

$$\text{де } N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_{\text{с}} \cdot k_{\text{рез}} = 365 \cdot 250 \cdot 0,86 \cdot 1,04 = 81614 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{\text{БВП}} = 0,01 \cdot 81614 = 816 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість машин, що знаходяться в ремонті:

$$\begin{aligned} N_{\text{рем}}^{\text{д}} &= \frac{N_{\text{КР}} \cdot \tau_{\text{КР}} + N_{\text{ПР}} \cdot \tau_{\text{ПР}} + N_{\text{ТО-2}} \cdot \tau_{\text{ТО-2}} + N_{\text{БВП}} \cdot \tau_{\text{БВП}} + N_{\text{ВП}} \cdot \tau_{\text{ВП}}}{T_{\text{р\text{д}}}} = \\ &= \frac{37 \cdot 18 + 88 \cdot 6 + 875 \cdot 1 + 500 \cdot 1 + 816 \cdot 1}{252 \cdot 8} = 14 \text{ (од. РС)}. \end{aligned}$$

Визначаємо коефіцієнт технічної готовності:

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{N_i - N_{\text{рем}}^{\text{д}}}{N_i} = \frac{250 - 14}{250} = 0,94.$$

## Приклад 2

Визначити кількість рухомих одиниць, що знаходяться в стані технічної готовності, якщо інвентарний парк депо  $N_i = 200$  одиниць РС (Т-3), коефіцієнт використання РС по випуску  $\alpha_{\text{с}} = 0,8$ , експлуатаційна швидкість  $V_e = 17,5$  км/год, середньодобове перебування РС на лінії  $t_{\text{сд}} = 12$  год. Система технічного обслуговування і ремонтів України.

## Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 200$  од. РС

$\alpha_6 = 0,8$

$V_e = 17,5$  км/год

$t_{cd} = 12$  год

Тип РС Т-3

Система ТО і

Р України

$N_{TG} - ?$

Визначаємо сумарний річний пробіг РС по депо:

$$L_{DP} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_6 \cdot V_e \cdot t_{cd} = 365 \cdot 200 \cdot 0,8 \cdot 17,5 \cdot 12 = 12264000 \text{ (км)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять капітальний ремонт протягом року:

$$N_{KP} = \frac{L_{DP}}{L_{KP}} = \frac{12264000}{300 \cdot 10^3} = 41 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять середній ремонт протягом року:

$$N_{CP} = \frac{L_{DP}}{L_{CP}} - N_{KP} = \frac{12264000}{100 \cdot 10^3} - 41 = 82 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять друге технічне обслуговування протягом року:

$$N_{TO-2} = \frac{L_{DP}}{L_{TO-2}} - N_{KP} - N_{CP} = \frac{12264000}{20 \cdot 10^3} - 41 - 82 = 490 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять щоденне обслуговування на протязі року:

$$N_{щО} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_6 \cdot k_{рез} = 365 \cdot 200 \cdot 0,8 \cdot 1,04 = 60736 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що проходять випадкові підйомний та безпідйомний ремонти протягом року:

$$N_{ВП} = 1 \cdot N_i = 1 \cdot 200 = 200 \text{ (од. РС)};$$

$$N_{ВБП} = 0,015 \cdot N_{ЩО} = 0,015 \cdot 60736 = 911 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість РО, що знаходяться в ремонті за добу:

$$\begin{aligned} N_{рем}^{\partial} &= \frac{N_{КР} \cdot \tau_{КР} + N_{СР} \cdot \tau_{СР} + N_{ТО-2} \cdot \tau_{ТО-2} + N_{ВБП} \cdot \tau_{ВБП} + N_{ВП} \cdot \tau_{ВП}}{T_{р\partial}} = \\ &= \frac{41 \cdot 20 + 82 \cdot 10 + 40 \cdot 1 + 911 \cdot 1 + 200 \cdot 1}{252} = 13 \text{ (од. РС)}. \end{aligned}$$

Визначаємо кількість РО, що знаходяться в технічній готовності:

$$N_{ТГ} = N_i - N_{рем}^{\partial} = 200 - 13 = 187 \text{ (од.РС)}.$$

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНОЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

Основними оціночними показниками надійності рухомого складу є коефіцієнт відмов, параметр потоку відмов, середнє напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи рухомого складу та його елементів.

**Коефіцієнт відмов** – це величина, що показує, який відсоток становлять від загальної кількості відмов відмови  $i$ -того агрегату чи системи рухомого складу, і визначається за формулою:

$$K_{\text{відм}} = \frac{m_i}{m_0} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

де  $m_i$  – кількість відмов  $i$ -ого агрегату, системи (наприклад, кількість відмов електричного або механічного обладнання РС) за відповідний період;

$m_0$  – кількість всіх відмов РС (окремих систем, агрегатів, якщо розглядається надійність їх елементів) за відповідний період.

**Параметр потоку відмов** – величина, що визначає кількість відмов рухомого складу чи його елементу на один кілометр пробігу за відповідний період:

$$\alpha(L) = \frac{m_i}{L_{\text{ДР}}} \quad [\text{км}], \quad (5.2)$$

де  $L_{\text{ДР}}$  – сумарний річний пробіг РС по депо, або пробіг за відповідний період (місяць, квартал і т. д.).

**Середнє напрацювання на відмову** – величина, обернена до параметру потоку відмов, визначає середнє значення пробігу до першої відмови рухомого складу чи його елементу:



$$L_{сер} = \frac{L_{ДР}}{m_i} = \frac{I}{\omega(L)} \text{ [км]} \quad (5.3)$$

**Ймовірність безвідмовної роботи** визначає ймовірність того, що рухомий склад в цілому чи його елемент буде працювати без відмов протягом заданого періоду напрацювання:

- для РС депо в цілому

$$P(L) = 1 - \frac{N_{відм}}{N_i}, \quad (5.4)$$

де  $N_{відм}$  – кількість РС, в якому хоч раз була відмова будь-якого вузла чи елемента за період, що розглядається;

- для вузлів РС:

$$P(L) = e^{-\omega L}, \quad (5.5)$$

де  $L$  – пробіг одиниці РС за період, що розглядається.

Установлено нормативний рівень ймовірності безвідмовної роботи для вузлів і елементів РС, який не може бути меншим для систем і агрегатів, що забезпечують безпеку руху на лінії (гальмівна система, колеса, рульове управління та інші)  $P(L) = 0,90...0,95$ , для інших  $P(L) = 0,85...0,90$ .

### **Приклади розв'язання задач**

#### **Приклад 1**

Визначити оціночні показники надійності РС і його елементів, якщо інвентар депо 300 тролейбусів; місячний пробіг одиниці РС 6000 км; кількість всіх відмов 2300; в тому числі електрообладнання 900, механічного обладнання 700, інших 700, а 25% машин мали одну чи більше відмов.

## Розв'язання

**Дано:**

$$N_i = 300 \text{ од. РС}$$

$$L_M = 6000 \text{ км}$$

$$m_0 = 2300$$

$$m_{ел} = 900$$

$$m_{мех} = 700$$

$$m_{ини} = 700$$

$$N_{відм} = 25\% N_i$$

$$K_{відм}, \omega_i, L_{сер},$$

$$P(L) - ?$$

Визначаємо коефіцієнт відмов:

$$K_{відм.ел} = \frac{m_{ел}}{m_0} = \frac{900}{2300} = 0,39 \text{ (для електрообладнання);}$$

$$K_{відм.мех.} = \frac{m_{мех.}}{m_0} = \frac{700}{2300} = 0,304 \text{ (для механічного обладнання);}$$

$$K_{відм.ини} = \frac{m_{ини}}{m_0} = \frac{700}{2300} = 0,304 \text{ (для іншого обладнання)}$$

Визначаємо параметри потоків відмов по видам обладнання:

$$\omega(l)_{ел.} = \frac{m_{ел.}}{L_{ДР} \cdot N_i} = \frac{900}{6 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 300} = 4,16 \cdot 10^{-5} \text{ (1/км);}$$

$$\omega(l)_{мех.} = \frac{m_{мех.}}{L_{ДР} \cdot N_i} = \frac{700}{6 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 300} = 3,24 \cdot 10^{-5} \text{ (1/км);}$$

$$\omega(l)_{ини.} = \frac{m_{ини.}}{L_{ДР} \cdot N_i} = \frac{700}{6 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 300} = 3,24 \cdot 10^{-5} \text{ (1/км).}$$

Визначаємо середнє напрацювання на відмову РС:

$$L_{сер} = \frac{12 \cdot N_i \cdot L_M}{m_0} = \frac{12 \cdot 300 \cdot 6 \cdot 10^3}{2300} = 9391,3 \text{ (км).}$$

Ймовірність безвідмовної роботи:

- для РС депо

$$P(l) = 1 - \frac{N_{\text{відм}}}{N_i} = 1 - \frac{0,25 \cdot 300}{300} = 0,75$$

- для вузлів РС

$$P(l)_{\text{ел.}} = e^{-\omega L} = e^{-4,16 \cdot 10^{-5} \cdot 9391,3} = 0,68;$$

$$P(l)_{\text{мех.}} = e^{-\omega L} = e^{-3,24 \cdot 10^{-5} \cdot 9391,3} = 0,73;$$

$$P(l)_{\text{інш.}} = e^{-\omega L} = e^{-3,24 \cdot 10^{-5} \cdot 9391,3} = 0,73.$$

Варіюючи значення пробігу РС, знаходимо значення ймовірності безвідмовної роботи РС і будуємо графік залежності  $P(L)$  для різних видів обладнання (пробіг  $L$  беремо таким, щоб оцінити надійність до пробігів, що визначають періодичність технічних впливів ТО-2, СР, КР).

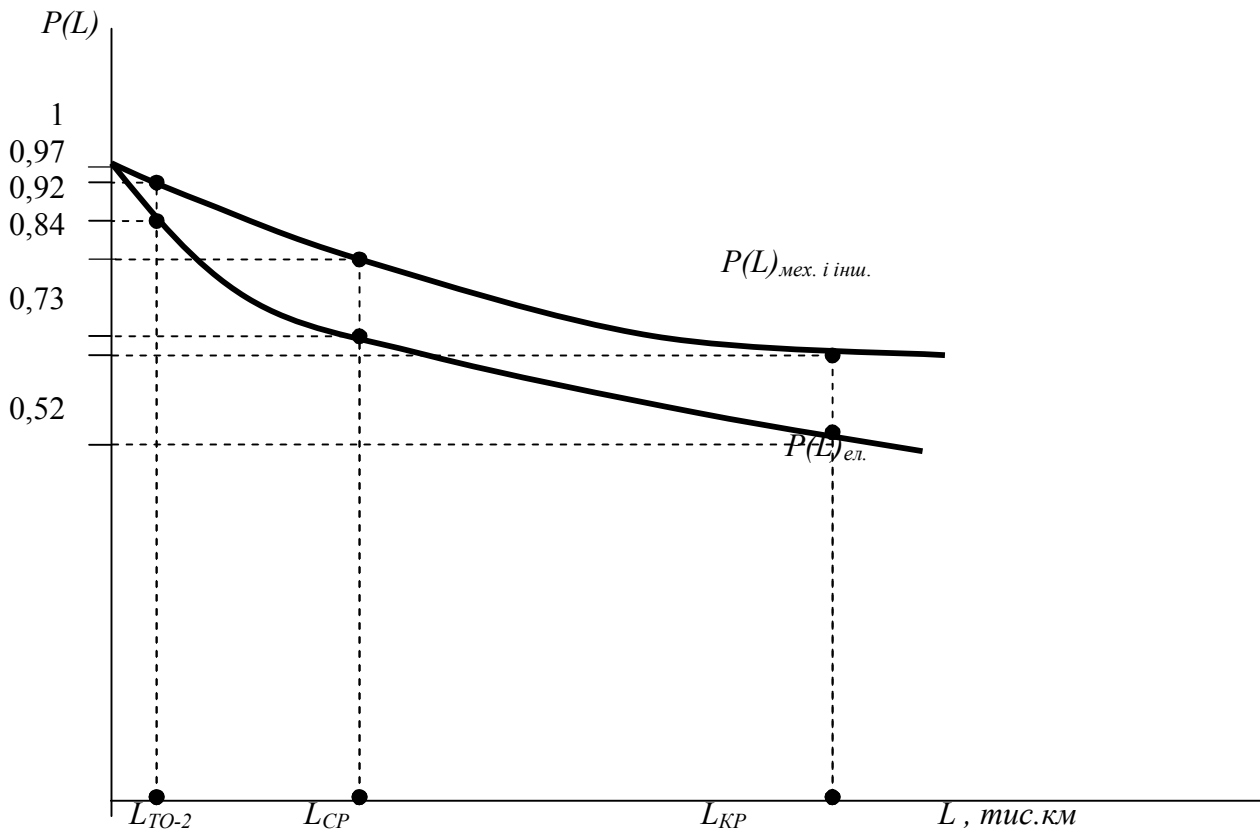


Рисунок 1 – Залежність імовірності безвідмовної роботи від пробігу

При пробігові РС і КР ймовірність безвідмовної роботи нижча нормативних показників (0,85 – 0,95), що потребує розробки спеціальних заходів з підвищення безвідмовності.

## Приклад 2

Визначити середнє напрацювання на відмову струмоприймача тролейбуса, якщо в депо 175 одиниць РС, річна кількість відмов струмоприймачів  $m_{il} = 5$  на одиницю РС. Коефіцієнт використання РС по випуску  $\alpha_g = 0,76$ , експлуатаційна швидкість  $V_e = 17,6$  км/год, середньодобове перебування РС на лінії  $t_{cd} = 11,8$  год.

## Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 175$  од. РС  
 $m_{il} = 5$   
 $\alpha_g = 0,76$   
 $V_e = 17,6$  км/год  
 $t_{cd} = 11,8$  год  
 $L_{сер} - ?$

Визначаємо сумарний річний пробіг РС по депо:

$$L_{др} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_g \cdot V_e \cdot t_{cd} = 365 \cdot 175 \cdot 0,76 \cdot 17,6 \cdot 11,8 = 10081825,6 \text{ (км)}.$$

Визначаємо річну кількість відмов струмоприймачів по депо:

$$m_i = N_i \cdot m_{il} = 175 \cdot 5 = 875 \text{ (відмов)}.$$

Визначаємо середнє напрацювання на відмову струмоприймача:

$$L_{сер} = \frac{L_{др}}{m_i} = \frac{10081825,6}{875} = 11522,09 \text{ (км)}.$$

## 6 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

Основними економічними показниками надійності є питома вартість одного кілометра пробігу та експлуатаційні витрати, віднесені до середнього напрацювання на відмову.

1. Питома вартість одного машино-кілометра:

$$q_1 = \frac{E_{\Sigma}}{L_{\text{ДР}}}, \text{ [грн/км]}, \quad (6.1)$$

де  $E_{\Sigma} = 12 \cdot N_i \cdot E$  – сумарні експлуатаційні витрати:

$N_i$  – інвентар депо,

$E$  – експлуатаційні витрати на одну одиницю РС в місяць;

$L_{\text{ДР}}$  – сумарний річний пробіг РС депо.

2. Експлуатаційні витрати, віднесені до середнього напрацювання на відмову:

$$q_2 = \frac{E_{\Sigma}}{L_{\text{сер}}}, \text{ [грн/км]}, \quad (6.2)$$

де  $L_{\text{сер}}$  – середнє напрацювання на відмову РС або його агрегату чи системи.

### Приклад 1

Визначити економічні показники надійності, якщо експлуатаційні витрати становлять  $E = 2000$  грн. в місяць на один тролейбус, середньомісячний пробіг тролейбуса  $L = 6 \times 10^3$  км. За рік було зафіксовано  $m_0 = 3200$  відмов. Інвентар депо  $N_i = 221$  од.

## Розв'язання

**Дано:**

$$N_i = 221 \text{ од. РС}$$

$$L = 6 \cdot 10^3 \text{ км}$$

$$m_0 = 3200$$

$$E = 2000 \text{ грн}$$

$$q_1, q_2 - ?$$

Знаходимо сумарні експлуатаційні витрати:

$$E_{\Sigma} = 12 \cdot N_i \cdot E = 12 \cdot 221 \cdot 2000 = 5304000 \text{ (грн)}.$$

Визначаємо сумарний річний пробіг РС депо:

$$L_{\text{ДР}} = 12 \cdot N_i \cdot L_M = 12 \cdot 221 \cdot 6000 = 15912000 \text{ (км)}.$$

Визначаємо питому вартість одного машино-кілометра:

$$q_1 = \frac{E_{\Sigma}}{L_{\text{ДР}}} = \frac{5304000}{15912000} = 0,3(3) \text{ (грн/км)}$$

Визначаємо середнє напрацювання на відмову:

$$L_{\text{сер}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{m_0} = \frac{15912000}{3200} = 4972,5 \text{ (км)}.$$

Визначаємо експлуатаційні витрати, віднесені до середнього напрацювання на відмову:

$$q_2 = \frac{E_{\Sigma}}{L_{\text{сер}}} = \frac{5304000}{4972,5} = 1066,67 \text{ (грн/км)}.$$

## 7 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБІГУ ПРИ ЗАДАНИЙ ЙМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ

Якщо задано значення ймовірності безвідмовної роботи, пробіг, що забезпечує дане значення, визначається за умови:  $P(L) = e^{-\omega L}$ , відповідно

$$L = \frac{\ln P(L)}{-\omega(L)} \quad (7.1)$$

### Приклад

Визначити пробіг, при якому ймовірність безвідмовної роботи струмоприймача дорівнює 0,85. Річний пробіг РС депо  $6 \times 10^6$  км. Загальна кількість відмов 950, відмови по струмоприймач становлять 10 %.

### Розв'язання

#### Дано:

$$P(L) = 0,85$$

$$L_{\text{ДР}} = 6000000 \text{ км}$$

$$m_0 = 950$$

$$m_{\text{стр}} = 10\% m_0$$

$$L - ?$$

Визначаємо параметр потоку відмов:

$$\omega(l) = \frac{950 \times 10\%}{6 \times 10^6} = 1,58 \times 10^{-5} \text{ (1/км)}.$$

Визначаємо пробіг, при якому ймовірність безвідмовної роботи дорівнює 0,85:

$$L = \frac{\ln P(l)}{-\omega(l)} = -\frac{\ln 0,85}{1,58 \times 10^{-5}} = 10286 \text{ (км)}.$$

## 8 ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ВИБІРКИ

Об'єм вибірки, тобто мінімальна кількість об'єктів спостереження для перевірки заданого значення ймовірності безвідмовної роботи протягом напрацювання  $L$  з довірчою ймовірністю  $q$  та відносною помилкою  $\delta$  визначається за формулою:

$$N = \frac{n_{\epsilon} \cdot L_{\text{сер}}}{L_i}, \quad (8.1)$$

де  $n_{\epsilon}$  – величина, що визначає кількість статистичних даних про відмови (її значення подано в таблиці 7);

$L_{\text{сер}}$  – середнє напрацювання на відмову;

$L_i$  – пробіг одного вагона за період, що розглядається, наприклад, для одного року:

$$L_i = \frac{L_{\text{ДР}}}{N_i}. \quad (8.2)$$

Таблиця 7

Відносна помилка $\delta$	$n_{\epsilon}$ при $q$			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,05	331	500	500	500
0,10	88	217	346	500
0,15	56	114	170	358
0,20	29	59	116	232

### *Приклади розв'язання задач*

#### **Приклад 1**

Оцінити об'єм вибірки для визначення оціночних показників надійності, якщо потрібно, щоб при довірчій ймовірності  $q = 0,95$  відносна помилка не



перевищувала  $\delta = 10 \%$ . Річний пробіг одиниці РС  $L_i = 16 \times 10^6$  км, кількість відмов  $m_o = 2350$ , інвентар  $N_i = 300$  од. РС.

### **Розв'язання**

#### **Дано:**

$N_i = 300$ од. РС	Визначаємо сумарний річний пробіг РС депо:
$L_i = 16 \cdot 10^6$ км	
$m_o = 2350$	$L_{dp} = L_i \cdot N_i = 16 \cdot 10^6 \cdot 300 = 4,8 \cdot 10^9$ (км).
$q = 0,95$	Визначаємо параметр потоку відмов:
$\delta = 10 \%$	
$N - ?$	

$$\omega(l) = \frac{m_o}{L_{dp}} = \frac{2350}{4,8 \cdot 10^9} = 4,9 \cdot 10^{-7} \text{ (1/км)}.$$

Визначаємо середнє напрацювання на відмову:

$$L_{cep} = \frac{l}{\omega(l)} = \frac{1}{4,9 \cdot 10^{-7}} = 2040816,33 \text{ (км)}.$$

Використовуючи значення величини  $n_e$  з таблиці 8, визначаємо об'єм вибірки:

$$N = \frac{n_e \cdot L_{cep}}{L_i} = \frac{346 \cdot 2042553,191}{16 \cdot 10^6} = 44 \text{ од.}$$

Таким чином, для забезпечення необхідних умов, зокрема помилки в 10 % при довірчій ймовірності 95 % достатньо вести спостереження протягом року за 44 од. РС.

## Приклад 2

Визначити відносну помилку  $\delta$ , якщо об'єм вибірки  $N = 60$  одиниць РС при довірчій ймовірності  $q = 0,95$ . Сумарний річний пробіг РС депо  $L_{ДР} = 19360000$  км, кількість відмов за рік  $m_0 = 2500$ , інвентарний парк депо  $N_i = 300$  одиниць РС.

### Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 300$  од. РС

$N = 60$  од. РС

$L_{ДР} = 19360000$  км

$m_0 = 2500$

$q = 0,95$

$\delta - ?$

Визначаємо середнє напрацювання на відмову:

$$L_{сер} = \frac{L_{ДР}}{m_i} = \frac{19360000}{2500} = 7744 \text{ (км)}.$$

Визначаємо річний пробіг одиниці РС:

$$L_i = \frac{L_{ДР}}{N_i} = \frac{19360000}{300} = 64533,3 \text{ (км)}.$$

Визначаємо величину  $n_{\varepsilon}$ :

$$n_{\varepsilon} = \frac{N \cdot L_i}{L_{сер}} = \frac{60 \cdot 64533,3}{7744} = 500.$$

З таблиці 8 при  $q = 0,95$  та  $n_{\varepsilon} = 500$  визначаємо  $\delta = 0,05$ , або  $\delta = 5 \%$ .

## 9 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІЖРЕМОНТНОГО ПРОБІГУ

Оптимальний міжремонтний пробіг визначається за умови забезпечення відповідного рівня безвідмовності за формулою:

$$L_p = \beta \cdot L_{сер}, \quad (9.1)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт раціональної періодичності, що враховує величину і характер варіації напрацювання (або ресурсу) на відмову, а також прийняту допустиму ймовірність безвідмовної роботи (їх значення подано в таблиці 8).

Таблиця 8 – Відповідність коефіцієнта раціональної періодичності

Р	Значення $\beta$ при різних коефіцієнтах варіації.			
	$V=0,2$	$V=0,4$	$V=0,6$	$V=0,8$
0,85	0,8	0,55	0,4	0,25
0,95	0,67	0,37	0,2	0,1

**Коефіцієнт варіації:**

$$V = \frac{\sigma}{L_{сер}}, \quad (9.2)$$

де  $\sigma$  – **середньоквадратичне відхилення**, що визначається за формулою:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_{сер i} - L_{сер})^2}{n - 1}}, \quad (9.3)$$

де  $L_{сер}$  – середнє напрацювання на відмову;

$l_{сер i}$  – середнє напрацювання на відмову  $i$ -ої кількості РС.

## Приклади розв'язання задач

### Приклад 1

Визначити оптимальний міжремонтний пробіг для тролейбусів при наступних даних: інвентар 350 од. РС; середньомісячний пробіг машини  $6 \times 10^3$  км.; кількість відмов за рік 2400; середньоквадратичне відхилення ресурсу 2000 км. Отриманий результат порівняти з пробігами прийнятої системи технічного обслуговування і ремонту в Україні.

### Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 350$ од. РС	Визначаємо середнє напрацювання на відмову:
$L_M = 6000$ км	
$m_0 = 2400$	
$\sigma = 2000$ км	
$L_p - ?$	Визначаємо коефіцієнт варіації:

$$L_{сер} = \frac{L_{ДР}}{m_0} = \frac{6 \times 10^3 \cdot 12 \cdot 350}{2400} = 10500 \text{ км.}$$

$$V = \frac{\sigma}{L_{сер}} = \frac{2000}{10500} = 0,19$$

З таблиці 8 визначаємо коефіцієнт раціональної періодичності при ймовірності безвідмовної роботи 0,85. Маємо значення  $\beta$ , яке дорівнює 0,8.

Визначаємо оптимальний міжремонтний пробіг:

$$L_p = \beta \cdot L_{сер} = 0,8 \cdot 10500 = 8400 \text{ км.}$$

Отриманий результат майже вдвічі менший за пробіг між ТО-2 та не відповідає жодному значенню міжремонтного пробігу системи ТО і Р, що приймається в Україні.

## Приклад 2

Визначити оптимальний міжремонтний пробіг трамвая Т-3 за наступних даних: кількість відмов за рік  $m_0 = 600$ , середній ресурс, тобто напрацювання на відмову для 30 вагонів  $l_{сер1} = 35000$  км, для 40 вагонів  $l_{сер2} = 70000$  км, для 50 вагонів  $l_{сер3} = 100000$  км, інвентар депо  $N_i = 300$  одиниць РС, сумарний річний пробіг РС депо  $L_{ДР} = 26 \times 10^6$  км. Отриманий результат порівняти з пробігами прийнятої системи технічного обслуговування і ремонту в Україні.

### Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 300$  од. РС

$L_{ДР} = 26 \times 10^6$  км

$m_0 = 600$

$l_{сер1} = 35000$  км

$l_{сер2} = 70000$  км

$l_{сер3} = 100000$  км

$L_p - ?$

1) Визначаємо середнє напрацювання на відмову:

$$L_{сер} = \frac{L_{ДР}}{m_0} = \frac{36000000}{600} = 60000 \text{ (км)}.$$

2) Визначаємо середньоквадратичне відхилення ресурсу:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_{сер i} - L_{сер})^2}{n - 1}} =$$
$$= \pm \sqrt{\frac{(35000 - 60000)^2 + (70000 - 60000)^2 + (100000 - 60000)^2}{3 - 1}} =$$
$$= 34095,5 \text{ (км)}.$$

3) Визначаємо коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma}{L_{сер}} = \frac{34095,5}{60000} = 0,57.$$

З таблиці 8 визначаємо коефіцієнт раціональної періодичності при ймовірності безвідмовної роботи 0,85. Маємо значення  $\beta$ , яке дорівнює 0,4.

Визначаємо оптимальний міжремонтний пробіг:

$$L_p = \beta \cdot L_{сер} = 0,4 \cdot 60000 = 24000 \text{ км.}$$

Отриманий результат приблизно дорівнює значенню пробігу між ТО-2 системи ТО і Р, що приймається на Україні.

## 10 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАПАСУ АГРЕГАТУ

Оптимальний запас агрегатів  $A$  визначається за умови, що час відновлення працездатного стану РС після відмови набагато менший часу ремонту агрегату на відповідній ділянці. Він визначається за формулою:

$$A = N_o \cdot n \cdot \frac{\omega}{\beta_s} \text{ [шт]}. \quad (7.1)$$

де  $N_o$  – кількість однотипних машин (вагонів) в депо (якщо в депо один тип РС, то  $N_o = N_i$ );

$n$  – кількість деталей, агрегатів, вузлів на одиниці РС;

$\omega$  – параметр потоку відмов;

$\beta_s$  – параметр потоку відновлення, тобто кількість деталей, агрегатів, вузлів тощо, яка може бути відновлена за період, що розглядається.

### Приклад

Визначити оптимальний розмір обмінного фонду струмоприймачів трамвая Т-3, якщо за рік було 300 їх відмов. У депо 400 од. вагонів, пробіг одного вагона  $6 \times 10^3$  км в місяць. Середнє значення параметра потоку відновлення 190 шт. на рік.

**Розв'язання:**

**Дано:**

$$N_i = 400 \text{ од. РС}$$

$$L_M = 6000 \text{ км}$$

$$m_{\text{стр}} = 300$$

$$\beta'_\epsilon = 190 \text{ шт. в рік}$$

$$A - ?$$

Визначаємо параметр потоку відмов:

$$\omega(L) = \frac{m_0}{L_{\text{ДР}}} = \frac{m_0}{12 \cdot N_i \cdot L_M} = \frac{300}{12 \cdot 400 \cdot 6000} = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ (1/км)}.$$

Визначаємо параметр потоку відновлення:

$$\beta_\epsilon = \frac{\beta'_\epsilon}{12 \cdot L_M} = \frac{190}{12 \cdot 6000} = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ (шт/км)}.$$

Визначаємо оптимальний запас струмоприймачів трамвая Т-3:

$$A = N_o \cdot n \cdot \frac{\omega}{\beta_\epsilon} = 400 \cdot 1 \cdot \frac{1,04 \cdot 10^{-5}}{2,64 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \approx 2 \text{ (шт)}$$

## 11 РОЗРАХУНОК ЧИСЛА ПОСТІВ, ЛІНІЙ ДЛЯ ЗОН ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТІВ, НЕПЛАНОВИХ РЕМОНТІВ І ДІАГНОСТУВАННЯ

Число постів та вагономісць (машиномісць) визначається за формулою:

$$X = \frac{N_i \cdot \tau_i}{T_{pd} \cdot t_{zm}}, \quad (11.1)$$

а кількість поточних ліній для ЩО та ТО-1 визначається за формулами:

$$n_{\text{ЩО}} = \frac{N_{\text{ЩО}} \cdot \tau_{\text{ЩО}}}{T_{pd} \cdot t_{zm} \cdot K}; \quad (11.2)$$

$$n_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{ТО-1}} \cdot \tau_{\text{ТО-1}}}{T_{pd} \cdot t_{zm} \cdot K}, \quad (11.3)$$

де  $X_i$  – кількість вагономісць (машиномісць) для проведення  $i$ -го ремонту;

$\tau_i$  – тривалість  $i$ -го ТО і Р в годинах;

$T_{pd}$  – кількість робочих днів в році;

$t_{zm}$  – тривалість зміни в годинах.

### Приклад

Визначити кількість поточних ліній для виконання ЩО і ТО-1, а також кількість вагономісць для проведення КР, якщо в депо 300 трамвайних вагонів, коефіцієнт використання по випуску  $\alpha_e = 0,75$ , система ремонтів України, пробіг одиниці РС 5500 км в місяць.



**Розв'язання:**

**Дано:**

$N_i = 300$  од. РС

$L_M = 5500$  км

$\alpha_6 = 0,75$

Тип РС трамвай

Система ТО і Р

України

$X_i, n_{\text{ЩО}}, n_{\text{ТО-1}} - ?$

Визначаємо кількість РС, що проходить ЩО і ТО-1 протягом року:

$$N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_6 \cdot k_{\text{рез}} = 365 \cdot 300 \cdot 0,75 \cdot 1,04 = 85410 \text{ (од. РС).}$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{ЩО}}}{C_{\text{ТО-1}}} = \frac{85410}{7} = 12201 \text{ (од. РС).}$$

Визначаємо кількість РС, що проходить КР протягом року:

$$N_{\text{КР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{КР}}} = \frac{12 \cdot N_i \cdot L_M}{L_{\text{КР}}} = \frac{12 \cdot 300 \cdot 5500}{300 \cdot 10^3} = 66 \text{ (од. РС).}$$

Визначаємо кількість поточних ліній для проведення ЩО і ТО-1:

$$n_{\text{ЩО}} = \frac{N_{\text{ЩО}} \cdot \tau_{\text{ЩО}}}{T_{\text{р\delta}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot K} = \frac{854100,8}{365 \cdot 8 \cdot 4} = 6 \text{ (ліній)},$$

$$n_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{ТО-1}} \cdot \tau_{\text{ТО-1}}}{T_{\text{р\delta}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot K} = \frac{122012,4}{252 \cdot 8 \cdot 4} = 4 \text{ (ліній)},$$

де  $K$  – кількість постів (3–5).

Визначаємо кількість вагономісць для проведення КР:

$$X_{\text{КР}} = \frac{N_{\text{КР}} \cdot \tau_{\text{КР}}}{T_{\text{р\delta}} \cdot t_{\text{зм}}} = \frac{66 \cdot 160}{252 \cdot 8} = 5 \text{ (вагономісць)}$$

## 12 РОЗРАХУНОК ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЬНИЦЬ ТА ЦЕХІВ

### *Розрахунок довжини ЦТО*

Розрахунок виробничих площ депо проводиться за:

- площею, яку займає рухомий склад або устаткування з урахуванням мінімальних наближень;
- питомою площею на одного працюючого на ділянці;
- щільністю устаткування;
- нормами площ на одне робоче місце.

Виробнича площа ЦТО залежить від обсягу робіт по ТО РС і практично визначається площею зайнятого РС із розстановкою згідно з вимогами до мінімальних відстаней.

$$L = \sum l_i, \quad (12.1)$$

де  $L$  – довжина ЦТО.

Довжина цеху технічного обслуговування залежить від кількості постів і визначається згідно з рисунком 2 наступним чином:

$$l_1 = 3 \text{ м}; l_2 = 1,5 \text{ м}; l_3 = 0,5 \text{ м}; l_4 = 15 \text{ м}; l_5 = 1 \text{ м}; l_6 = 4 \text{ м},$$

де  $l_4$  – довжина рухомого складу, залежить від типу РС.

$$L_{\text{ЦТО}} = 2l_1 + 4l_2 + 4l_3 + 4l_4 + 2l_5 + l_6 \quad (12.2)$$

Приймаємо довжину цеху технічного обслуговування за будівельними вимогами кратною 6-ти (за розмірами будівельних конструкцій).

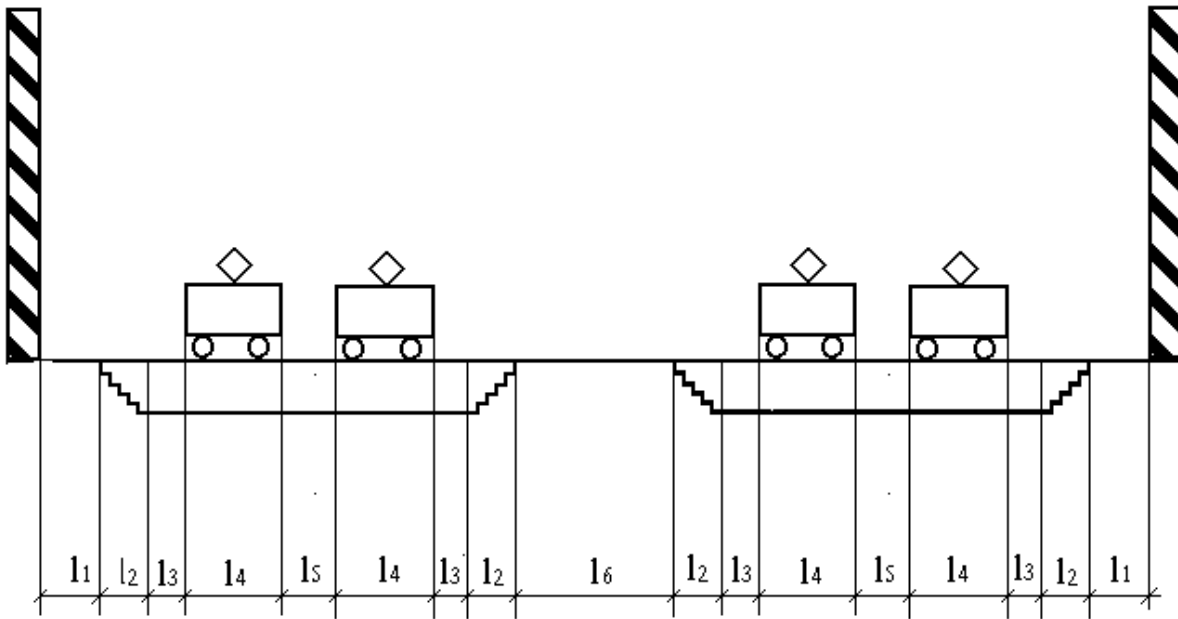


Рисунок 2 – Розрахунок довжини цеху технічного обслуговування

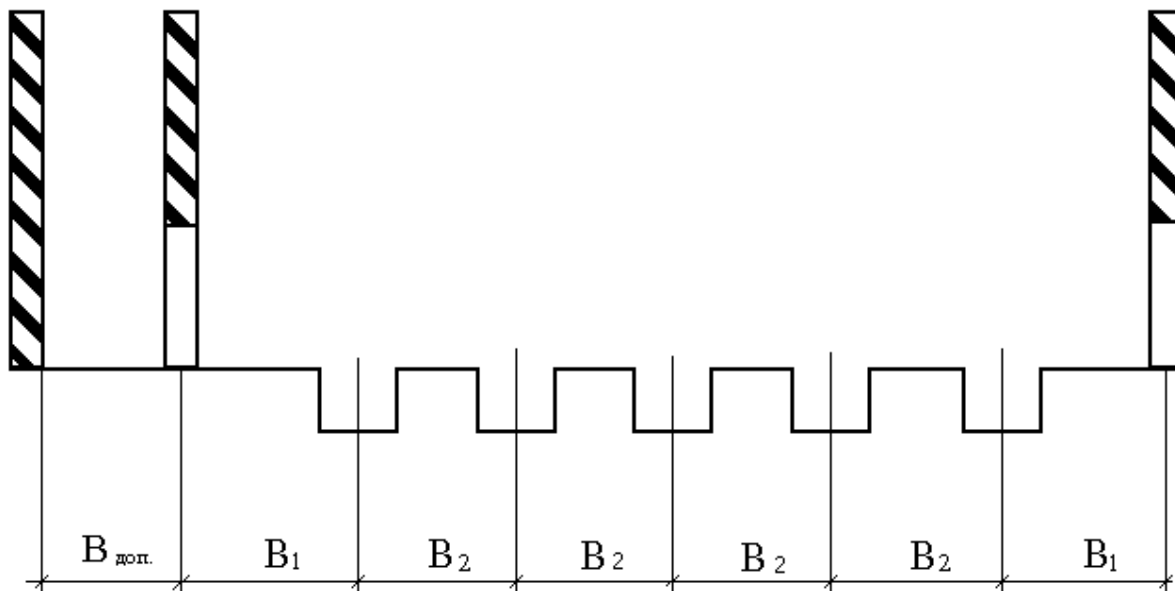


Рисунок 3 – Розрахунок ширини цеху технічного обслуговування

### *Розрахунок ширини ЦТО*

Ширина ЦТО залежить від числа поточних ліній та ширини допоміжних ділянок і відділів. Ширина цеху визначається згідно з рисунком 3 і буде дорівнювати:

$$B_{\text{цто}} = 2B_1 + 4B_2 + B_{\text{доп.}}, \quad (12.3)$$

де  $B_1 = 4\text{ м}$ ,  $B_2 = 5\text{ м}$ ,  $B_{\text{доп.}} = 6\text{ м}$ .

### *Розрахунок площі ЦТО*

$$S_{\text{цто}} = B \cdot L \quad (12.4)$$

### *Розрахунок довжини ЦРРС*

Довжина ЦРРС приймається рівній довжині ЦТО.

### *Розрахунок ширини ЦРРС*

Ширина ЦРПС визначається згідно з рисунком 4:

$$B_{\text{ЦРПС}} = 2B_1 + B_2 + B_{\text{доп.}} \quad (12.5)$$

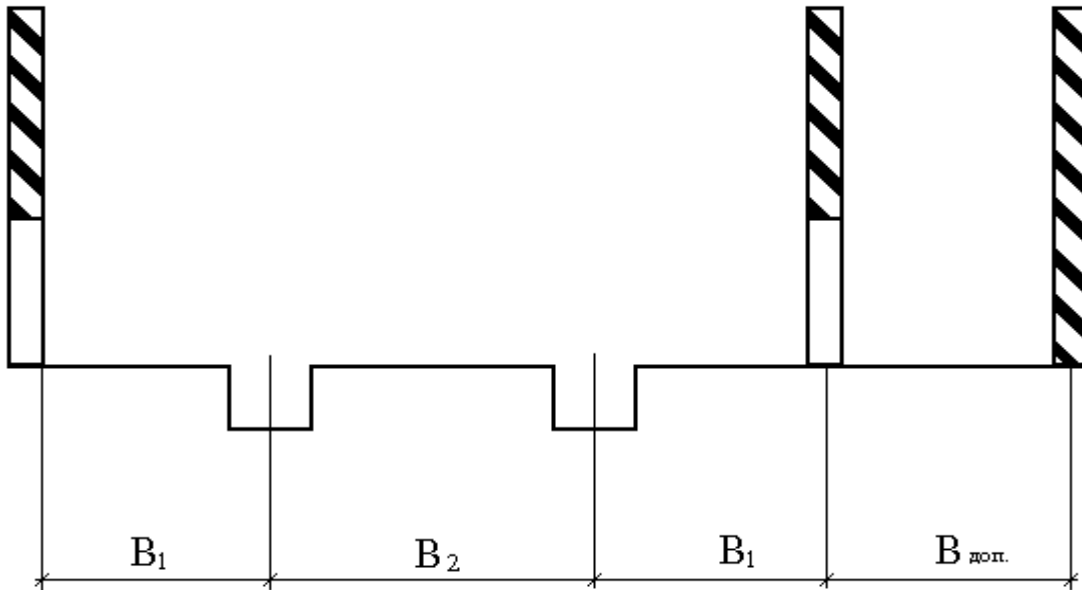


Рисунок 4 — Розрахунок ширини цеху ремонту рухомого складу

Довжина виробничого корпусу, також як і ширина, повинна бути кратна 3 або 6.

### *Розрахунок площі ЦРРС*

$$S_{\text{ЦРРС}} = B \cdot L \quad (12.6)$$

### **Приклад**

Визначити площу цеху ТО, якщо інвентар депо 150 од.; коефіцієнт використання по випуску  $\alpha_v = 0,6$ ; тип РС ЗіУ-9;  $V_e = 16,5$  км/ год.;  $t_{cd} = 12$  год; система ТО і Р України.

## Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 150$  од. РС

$\alpha_s = 0,6$

$V_e = 16,5$  км/ год

$t_{cd} = 12$  год

Тип РС ЗіУ-9

система ТО і Р

України

$S - ?$

Визначаємо кількість машин, що проходять ЩО протягом року:

$$N_{\text{ЩО}} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_s \cdot k_{\text{рез}} = 365 \cdot 150 \cdot 0,6 \cdot 1,04 = 34164 (\text{од.РС}).$$

Визначаємо кількість машин, що проходять ТО-1 протягом року:

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{N_{\text{ЩО}}}{C_{\text{ТО-1}}} = \frac{34164}{7} = 4881 (\text{од.РС}).$$

Визначаємо кількість машин, що проходять непланові ремонти протягом року:

$$N_{\text{ЗН}} = 0,08 \cdot N_{\text{ЩО}} = 2733 (\text{од.РС}); \quad N_{\text{ЗД}} = 0,06 \cdot N_{\text{ЩО}} = 2050 (\text{од.РС});$$

$$N_{\text{ВБП}} = N_{\text{ЩО}} \cdot 0,01 = 342 (\text{од.РС}); \quad N_{\text{ВП}} = 2 \cdot N_i = 300 (\text{од.РС}).$$

Визначаємо кількість поточних ліній для проведення ЩО і ТО-1:

$$n_{\text{ЩО}} = \frac{N_{\text{ЩО}} \cdot \tau_{\text{ЩО}}}{T_{\text{рo}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot K},$$

де  $K$  – число постів (3–5).

$$n_{\text{ЩО}} = \frac{34164 \cdot 0,6}{365 \cdot 8 \cdot 4} = 2 (\text{лінії}),$$

$$n_{TO-1} = \frac{N_{TO-1} \cdot \tau_{TO-1}}{T_{p\partial} \cdot t_{зм} \cdot \kappa} = \frac{4881 \cdot 2,2}{252 \cdot 8 \cdot 4} = 1 \text{ (лінія)}.$$

Визначаємо кількість машиномісць для проведення непланових ремонтів (для заявочних денного і нічного  $T_{p\partial} = 365$  днів, для випадкових підйомного та безпідйомного  $T_{p\partial} = 250$  дня):

$$X_{зН} = \frac{2733 \cdot 2}{365 \cdot 8} = 2 \text{ (машиномісця);}$$

$$X_{зд} = \frac{2050 \cdot 2}{365 \cdot 8} = 1 \text{ (машиномісце);}$$

$$X_{ВП} = \frac{300 \cdot 8}{250 \cdot 8} = 1 \text{ (машиномісце);}$$

$$X_{ВВП} = \frac{342 \cdot 8}{250 \cdot 8} = 1 \text{ (машиномісце)}$$

Кількість машиномісць для проведення діагностування тролейбусів беремо з розрахунку 4-х постів. На 100 од. РС приймаємо одну поточну лінію.

Визначаємо довжину ЦТО:

$$L_{ЦТО} = 2l_1 + 4l_2 + 4l_3 + 4l_4 + 2l_5 + l_6 = 2 \times 3 + 4 \times 1,5 + 4 \times 0,5 + 4 \times 15 + 2 \times 1 + 4 = 80 \text{ (м)}$$

Визначаємо ширину ЦТО:

$$B_{ЦТО} = 2B_1 + 4B_2 + B_{доп.} = 2 \times 4 + 4 \times 5 + 6 = 34 \text{ (м)}$$

Визначаємо площу ЦТО:

$$S_{ЦТО} = B \cdot L = 80 \times 34 = 2720 \text{ (м}^2\text{)}$$

### 13 РОЗРАХУНОК ЧИСЛА ВИРОБНИЧИХ РОБІТНИКІВ

Чисельність виробничих робітників залежить від обсягів робіт та часу роботи окремого працівника. Штатна кількість робітників визначається за формулою:

$$n_{\text{шт}} = \frac{N_i \cdot F_i}{T_{\text{рр}} \cdot t_{\text{зм}}}, \quad (13.1)$$

де  $n_{\text{шт}}$  – штатна кількість робітників для виконання  $i$ -го ремонту;

$N_i$  – кількість одиниць РС, що проходить  $i$ -ий ремонт;

$F_i$  – норма часу на  $i$ -ий ремонт;

$t_{\text{зм}}$  – тривалість зміни;

$T_{\text{рр}}$  – кількість робочих днів на дільниці (в цеху).

#### Приклад

Визначити кількість робітників для виконання середніх ремонтів, якщо в депо 200 од. РС, місячний пробіг одиниці РС  $6 \times 10^3$  км. Система ремонтів України, тип РС Т-3, норма часу 1100 чол. год.

#### Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 200$  од. РС  
 $L_M = 6000$  км

$F_i = 1100$  чол. год

Тип РС Т-3

Система ТО і Р

України

$n_{\text{СПи}} - ?$

1) Визначаємо кількість РС, що проходить КР протягом року:

$$N_{\text{КР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{КР}}} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 200}{300 \cdot 10^3} = 48 \text{ (од. РС)}.$$

2) Визначаємо кількість РС, що проходить СР протягом року:

$$N_{\text{СР}} = \frac{L_{\text{ДР}}}{L_{\text{СР}}} - N_{\text{КР}} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 200}{100 \cdot 10^3} - 48 = 96 \text{ (од. РС)}.$$

Визначаємо кількість робітників для виконання СР:

$$n_{CP.ш} = \frac{N_i \cdot F_i}{T_{pd} \cdot t_{зм}} = \frac{96 \cdot 1100}{252 \cdot 8} = 53 \text{ (чол.)}$$

## 14 СКЛАДАННЯ ГРАФІКА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Складання графіку відбувається згідно з нормативами, викладеними в таблицях 1, 2 цих методичних рекомендацій.

### Приклад

Скласти графік ТО тролейбусів, що виконується з періодичністю раз на 7 днів, якщо інвентар депо 112 од. РС (з інвентарними номерами від 001 до 112), коефіцієнт використання по випуску  $\alpha_e = 0,76$ . Резерв 4 %. Система ТО і Р України.

### Розв'язання

**Дано:**

$N_i = 112$ од РС	Визначаємо кількість машин, що проходять ЩО
$\alpha_e = 0,76$	протягом року:
Система ТО і Р	$N_{щО} = 365 \cdot N_i \cdot \alpha_e \cdot k_{рез} = 112 \cdot 365 \cdot 0,76 \cdot 1,04 = 32312$ (од. РС).
України	Визначаємо кількість машин, що проходять ТО-1
Графік ТО-1 –?	протягом року:

$$N_{ТО-1} = \frac{N_{щО}}{7} = \frac{32312}{7} = 4616 \text{ (од. РС).}$$

Визначаємо кількість машин, що проходять ТО-1 на протязі місяця:

$$N_{ТО-1.міс.} = \frac{N_{ТО-1}}{12} = \frac{4616}{12} = 385 \text{ (од. РС),}$$



отже в тиждень буде:

$$N_{TO-1 \text{ тижд.}} = \frac{385}{4} = 96 \text{ (од. РС),}$$

а за добу буде проходити в залежності від кількості робочих днів:

$$N_{TO-1 \text{ д.}} = \frac{N_{TO-1 \text{ тижд.}}}{T_{\text{рд тижд.}}} = \frac{96}{5} = 19 \text{ (од. РС),}$$

Таблиця 9 – Графік ТО-1 на місяць:

№ з/п	Час заходу в депо	Час постановки на ТО-1	Час виходу з ТО-1	Час виходу на лінію	№ маршрута	№ випуска	Дні місяця											
							Понеділок	Вівторок	Середа	Четвер	П'ятниця	Субота	Неділя	Понеділок	Вівторок	Середа	.....	
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		30
1.	7.00	7.30	10.00	12.20	2	2/1	101	102	103	104	105	X	X	101	102	103	...	
2.	7.15	7.45	10.10	13.00	7	7/3	81	82	83	84	85	X	X	81	82	83	...	
3.	7.30	8.00	10.20	13.20	11	4/2	106	107	108	109	110	X	X	106	107	108	...	
4.	...	...	...	...	...	...												
...																		
19.	...	...	...	...	...	...	96	87	03	69	15	X	X	96	87	03	...	

На ТО-1 обслуговування один раз на тиждень, тому раціонально подавати РС за інвентарними номерами машин:

понеділок – останні цифри – 1,6;  
 вівторок – 2,7;  
 середа – 3,8;  
 четвер – 4,9;  
 п'ятниця – 5,0.

За винятком машин, що перебувають на середньому та капітальному ремонтах.

Час подачі РС на ЩО визначається графіками заїзду та виїзду з депо з урахуванням розміщення РС на площадці зберігання.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Практикум з технічної експлуатації міського електричного транспорту : навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будніченко, В. І. Коваленко, М. В. Хворост, А. Д. Храмцов. – Харків : ХНАМГ, 2014. – 194 с.
2. Иванов В. П. Техническая эксплуатация автомобилей. Дипломное проектирование / В. П. Иванов. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 217 с.
3. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. – Київ : Знання-Прес, 2004. – 478 с.
4. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і ремонт автомобілів. Технологія : підручник / О. А. Лудченко. – Київ : Вища шк., 2007. – 527 с.
5. Технічна експлуатація електричного транспорту : навч. посібник / В. Х. Далека, В. Б. Будніченко, Е. І. Карпушин, В. І. Коваленко; Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 236 с.
6. Кобозев В. М. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электротранспорта : учебник для вузов / В. М. Кобозев. – М. : Высшая школа, 1982. – 328 с.
7. Система технического обслуживания и ремонта подвижного состава трамвая и троллейбуса. Утв. Приказом Госжилкомхоза № 120 от 3.12.91 г. Введена в действие с 1.01.92 г.
8. Форнальчик Є. Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навчальний посібник / за загальною редакцією Є. Ю. Форнальчика / Є. Ю. Форнальчик, М. С. Олісевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо. – Львів : Афіша, 2004. – 492 с.
9. Правила эксплуатации трамвая и троллейбуса. Утв. приказом Госжилкомхоза №103 от 10.12.96 г. Введены в действие с 16.03.97. – Киев : Госжилкомхоз, 1997. – 104 с.
10. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов / В. Ф. Веклич. – М. : Транспорт, 1990. – 295 с.
11. Харазов А. М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей / А. М. Харазов. – М.: Высш. шк., 1990. – 208 с.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до практичних занять  
із навчальних дисциплін

**«ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»  
та  
«ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»**

*(для бакалаврів 4-5 курсів усіх форм навчання спеціальності  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,  
освітньої програми «Електромеханіка»)*

Укладачі: **ДАЛЕКА** Василь Хомич,  
**ШАВКУН** Вячеслав Михайлович,  
**КОЗЛОВА** Ольга Сергіївна

Відповідальний за випуск *В. Х. Далека*  
*За авторською редакцією*  
Комп'ютерне верстання *О. С. Козлова*

План 2019, поз. 143М

---

Підп. до друку 14.05.2019. Формат 60×84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,1.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.